

TNO report
PML 1998-A89

**AP-mine protective footwear exposed to a
contact explosion with AP no. 22C1 mine**

TNO Prins Maurits Laboratory

DISTRIBUTION STATEMENT A
Approved for Public Release
Distribution Unlimited



19990907 031

TNO report
PML 1998-A89

AP-mine protective footwear exposed to a contact explosion with AP no. 22C1 mine

TNO Prins Maurits Laboratory

Lange Kleiweg 137
P.O. Box 45
2280 AA Rijswijk
The Netherlands

Phone +31 15 284 28 42
Fax +31 15 284 39 59

Date
July 1999

Author(s)
M. Lans

Classification
Classified by : J.M. de Koning
Classification date : 4 May 1999
(this classification will not change)
Title : Ongerubriceerd
Managementuitreksel : Ongerubriceerd
Abstract : Ongerubriceerd
Report text : Ongerubriceerd
Annexes A-B : Ongerubriceerd

All rights reserved.
No part of this publication may be
reproduced and/or published by print,
photoprint, microfilm or any other means
without the previous written consent of
TNO.

In case this report was drafted on
instructions, the rights and obligations of
contracting parties are subject to either the
Standard Conditions for Research
Instructions given to TNO, or the relevant
agreement concluded between the
contracting parties.

Submitting the report for inspection to
parties who have a direct interest is
permitted.

Copy no. : 15
No. of copies : 29
No. of pages : 25 (excl. RDP & distribution list)
No. of annexes : 2

All information which is classified according to Dutch regulations shall be treated by
the recipient in the same way as classified information of corresponding value in his
own country. No part of this information will be disclosed to any party.

The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified.

© 1999 TNO

DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for Public Release
Distribution Unlimited

DTIC QUALITY INSPECTED 4

TNO Prins Maurits Laboratory is part of
TNO Defence Research which further consists of:

TNO Physics and Electronics Laboratory
TNO Human Factors Research Institute



APF99-12-2246

Netherlands Organization for
Applied Scientific Research (TNO)

Managementuittreksel

Titel : AP-mine protective footwear exposed to a contact explosion with
AP no. 22C1 mine
Auteur(s) : ing. M Lans
Datum : juli 1999
Opdrachtnr. : A96KL459
Rapportnr. : PML 1998-A89

Om personeel te beschermen tegen antipersonneelsmijnen zijn speciale blast-beschermende schoenen ontwikkeld. De DMKL wil deze schoenen mogelijk aanschaffen en heeft TNO Prins Maurits Laboratorium (TNO-PML) daarom gevraagd de beschermende werking van deze schoenen te onderzoeken. Hiertoe is onderzoek gedaan naar de uitwerking van een AP-mijn nummer 22C1 op blast-beschermende schoenen. Vier concepten zijn in dit onderzoek vergeleken.

- BFR Combat Boots, Singapore (BFR 40);
- Wellco Enterprises, USA (Combat boots);
- Wellco Enterprises overboot in combinatie met een standaard M90-schoen;
- een standaard M90-schoen is gebruikt als referentie.

De vier concepten zijn blootgesteld aan een contact explosie met een AP-mijn nummer 22C1. Niet één van de vier gaf voldoende bescherming aan de voet. Het zou kunnen dat er wel bescherming was voor het been zelf; daar is echter niet naar gekeken in dit onderzoek.

In een vervolgonderzoek moet gezocht worden naar een betere simulatievoet, dit zou een dummy-voet kunnen zijn zoals gebruikt in crash-onderzoek door TNO Wegtransportmiddelen (TNO-WT). Door kleinere hoeveelheden explosieven te gebruiken, kan nagegaan worden wanneer een blast-bestendige schoen wel afdoende bescherming geeft. Tevens moeten de effecten op het onderbeen onderzocht worden.

Contents

Managementuittreksel	2
1 Introduction	4
2 Experiments	5
2.1 Experimental set-up	5
2.2 The mine	8
2.3 The boots	9
3 Results	11
3.1 Visual results	11
3.2 Acceleration of foot	16
4 Discussion	18
5 Conclusion	19
6 Authentication	20
Annexes:	
A AP mine no. 22C1	
B Displacement of boot in experiment no. 3947	

1 Introduction

In order to protect personnel from the effects of anti-personnel mines, special footwear has been developed. The Material Directorate of the RNLA has an interest in procuring this type of protective footwear and has asked TNO-PML to investigate the protective performance. The protective footwear was provided by our MOD and comprised BFR Combat Boots, Singapore (BFR 40) and Wellco Enterprises, USA (Combat Boots + Overboots). The protective behaviour of the boots against the effect of an AP mine no. 22C1 was examined by exposing them to a contact explosion. A standard M90 Dutch army combat boot was used for reference.

2 Experiments

2.1 Experimental set-up

The test fixture is designed to mimic human motion. A simulated leg is made of a steel pipe, rotating at the knee and hip. The total mass of the leg was approximately 16 kg. Figures 1 and 2 show the test fixture.

96217-1

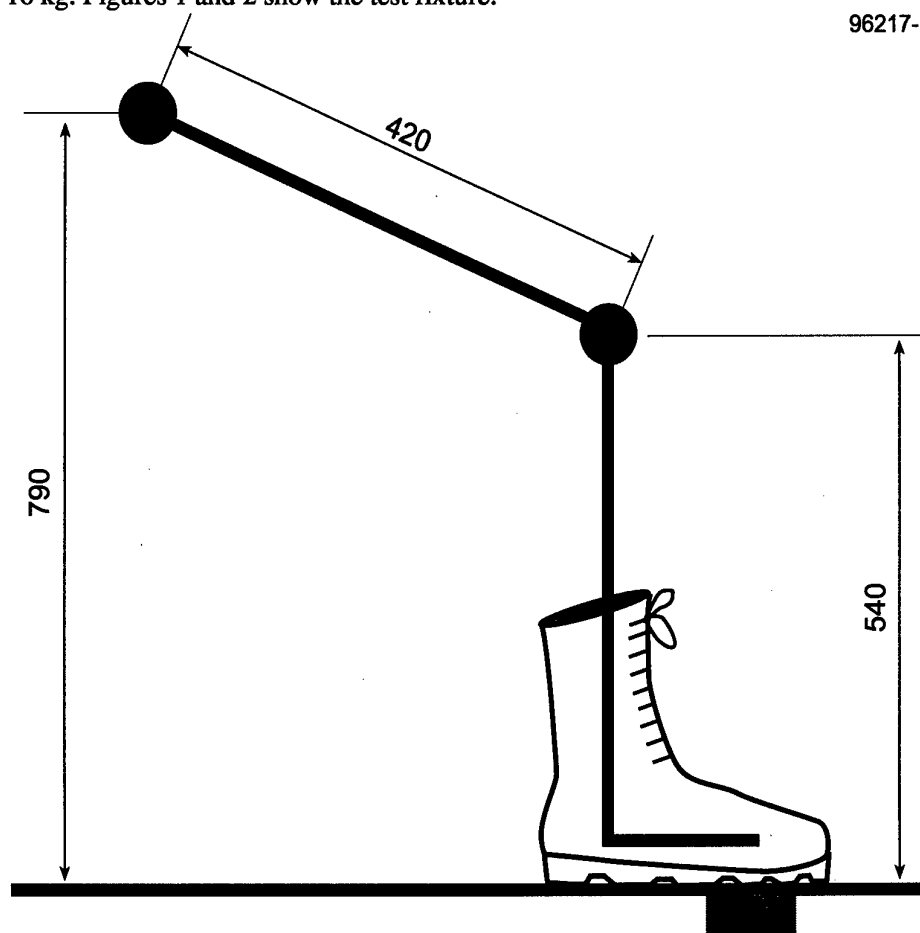


Figure 1: Experimental set-up (schematic).

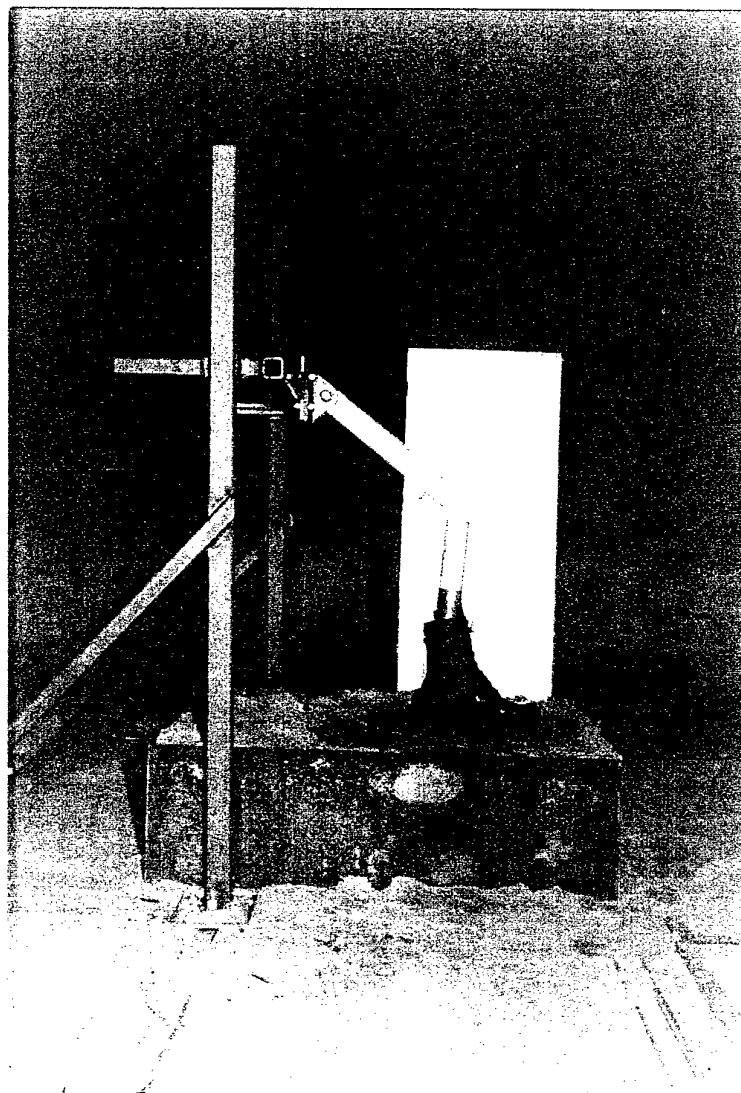


Figure 2: Experimental set-up (970715-5A).

The foot is made of a steel plate with a thickness of 5 mm. The foot is placed in the boot and filled with gelatine of 20 per cent by mass to simulate the tissue of the foot while also a good fixture of the boot was realised.

The boot is placed in the middle of a sand bed (height x width x length; 300 x 100 x 910 mm). The mine is placed under the ball of the boot, see Figure 3.

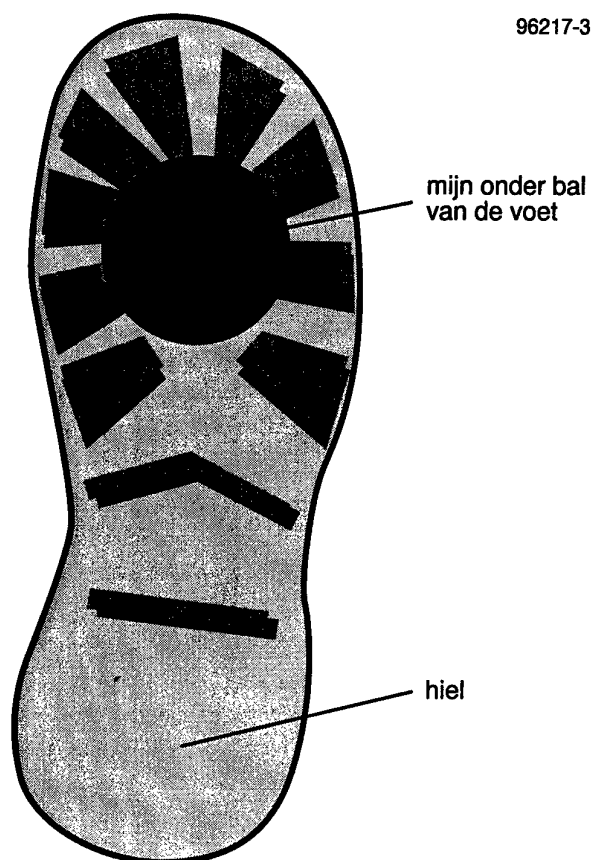


Figure 3: Test position of the mine.

To get an idea of the acceleration of the boot caused by the explosion, a high-speed camera (2000 frames per second) records the displacement of the boot through a mirror. Figure 4 shows the set-up with the high-speed camera.



Figure 4: *Experimental set-up high-speed camera (970715-2A).*

2.2 The mine

The non-fragmenting mine used in the tests is an AP mine no. 22C1, details are shown in Annex A (in Dutch). This mine was chosen because it was the most representative of the smaller mines. The shape is cylindrical with a diameter of 62 mm and a height of 53 mm. The mine consists of a plastic body with a main charge of 57 g, it weighs 130 g. The mine is positioned in the sand, just underneath the surface. It makes contact with the boot. The mechanical detonator is replaced by an electric detonator. The boot is placed in contact with the mine.



Figure 5: AP mine no. 22C1 (970716-4).

2.3 The boots

Two types of blast protective boots and one type of overboot were selected by our MOD. The BFR Combat Boot, Singapore (BFR 40), is a boot re-enforced with aramid layers. According to BFR, the boot is blast and fragment resistant. The Wellco Combat Boot and Overboot have a V-shaped rubber outer sole and a multi-layer Kevlar insole. Sandwiched between them is a wedge of metallic honeycomb. According to Wellco enterprises, the boot is blast protective. Also a standard M90 Dutch army combat boot was used for reference. Figure 6 shows the boots.

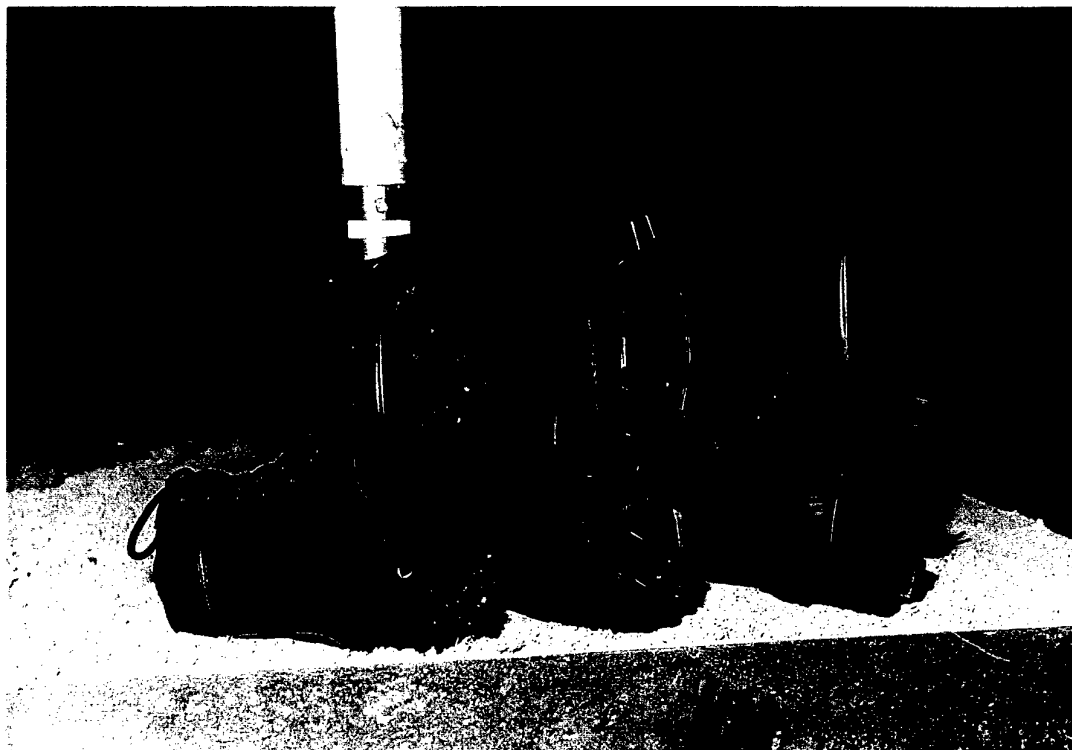


Figure 6: The boots from left to right: M90, BFR and Wellco (970715-18A).



Figure 7: Wellco overboot and M90 boot in Wellco overboot (970716-0).

3 Results

3.1 Visual results

The results of the experiments are shown in Table 1 and Figures 8, 9, 10 and 11. The steel plate which simulates the foot is bent in the same manner in all experiments. An example is shown in Figure 12.

Table 1: Results of four experiments.

Experiment number	Boot	Results
3944	Standard M90	Front of foot torn off
3945	BFR	Front of foot torn off
3946	Wellco	Front of foot torn off
3947	Standard M90 with Wellco overboot	Overboot torn off, foot at front and back torn through M90 boot



Figure 8: M90 boot after test (971109-20).

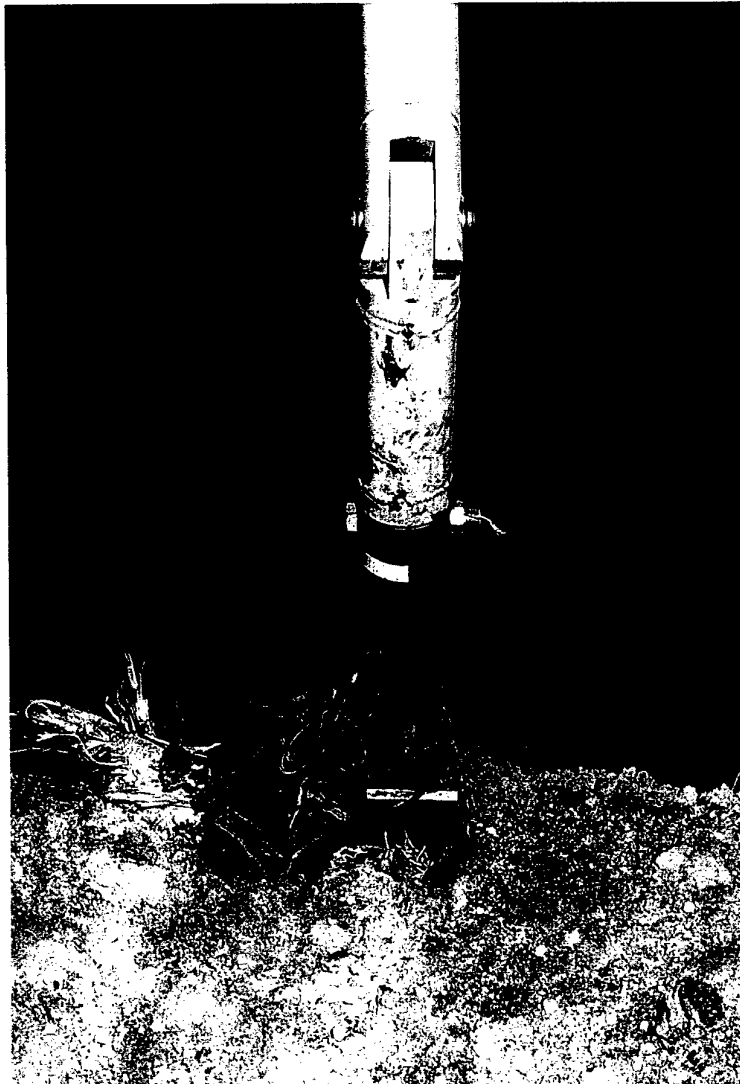


Figure 9: BFR boot after test (970715-13A).



Figure 10: Wellco boot after test (970715-32A).

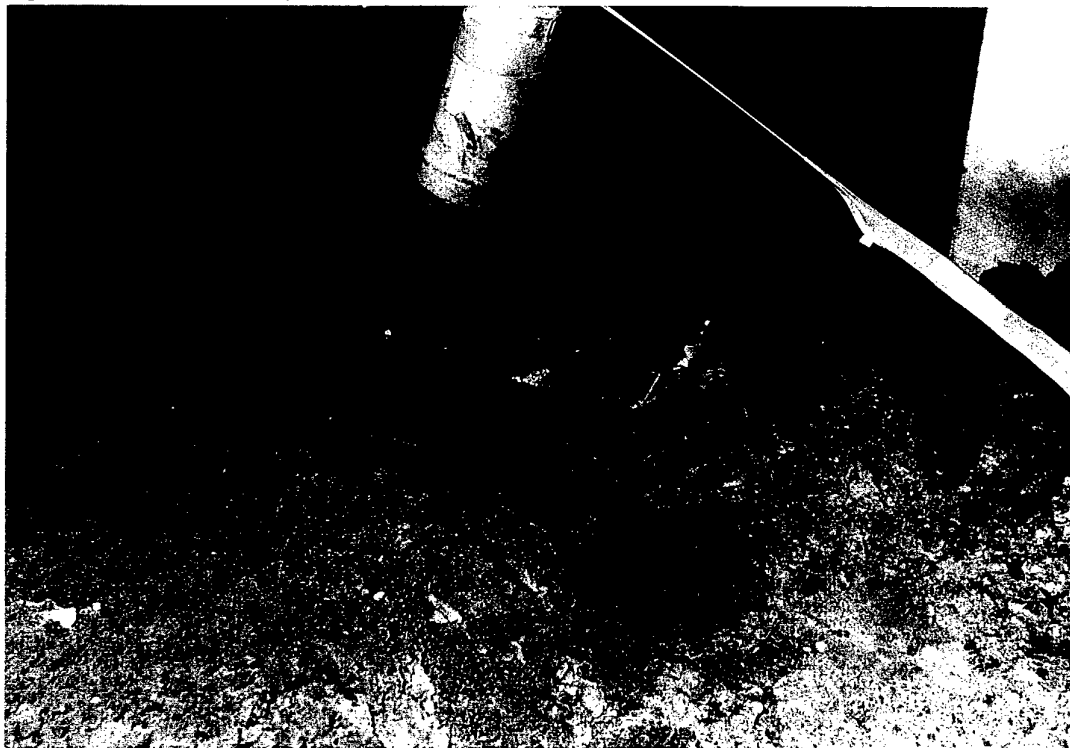


Figure 11: M90 boot and Wellco overboot after test (overboot has been torn off) (970716-7).



Figure 12: Steel foot after test (980136-27A).

3.2 Acceleration of foot

Due to the excessive dust cloud caused by the sand, the boot could only be seen just after initiation of the mine, shown in Figure 13.

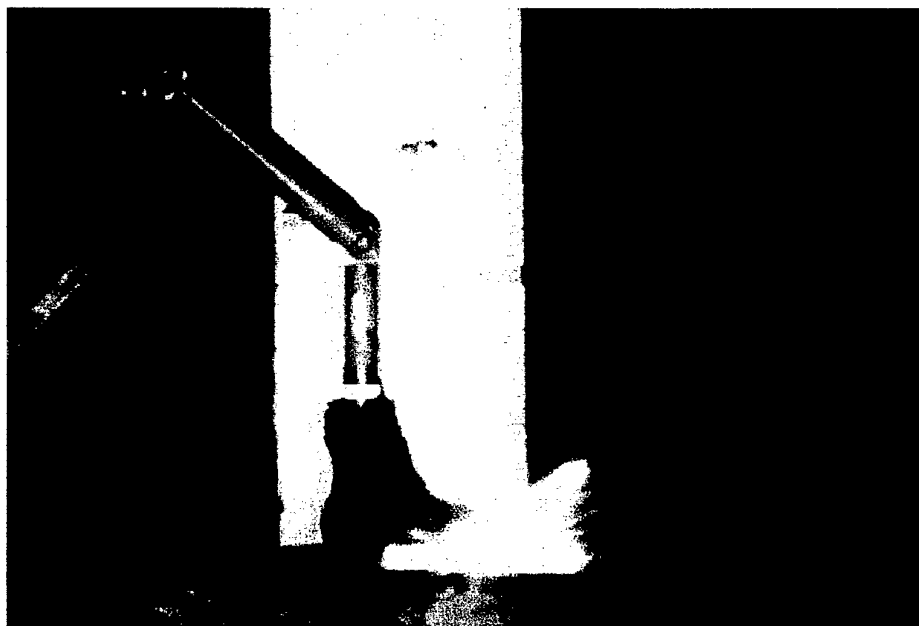


Figure 13: Boot after initiation of mine.

In the first experiments the displacement of the foot could not be recorded by the high-speed camera due to the upcoming sand after the explosion. Therefore in experiment 3947, the displacement of the foot was recorded by means of a small iron wire in the produced part of the shinbone, see Figure 14 (data see Annex B).

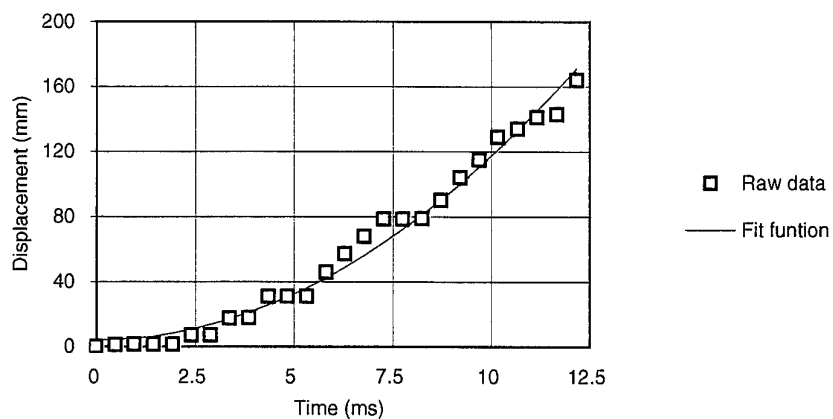


Figure 14: Displacement of boot in experiment no. 3947.

A function can be fitted through the time displacement data.
The function for the displacement is

$$d = \frac{1}{2}at^2$$

in which: d is displacement (m)
 a is acceleration (m/s²)
 t is time (s)

Therefore the acceleration was 2200 m/s² (=220g).

4 Discussion

In all the experiments, the front part of the foot was destroyed and blown away. Therefore it appears that the blast-resistant boots are not protective at all when exposed to a contact explosion with the AP mine no. 22C1. However, there is a possibility that the leg itself is protected by a blast-resistant boot. This could not be determined in these tests.

In a report by BFR (no. YT 061/96), tests are described in which there is no penetration of the sole. In these tests a smaller mine was used (anti-personnel VS-50) and the foot consists of three pieces of metal and a thermo-plastic rubber. From these results it appears that the simulant for the foot has an effect on the results. Instead of the steel plate with gelatine, a dummy foot, which is also used in crash safety tests, can be used. TNO Road-Vehicles Research Institute can provide these dummies. Another possibility is to reduce the dimensions of the steel plate.

In the report by BFR, the amount of explosives was less. This is of course also an important factor in determining the blast resistance of the boot. In order to get more insight into the damage process, different amounts of explosives could be used in future experiments. This will give an idea of how much blast the boots can resist.

5 Conclusion

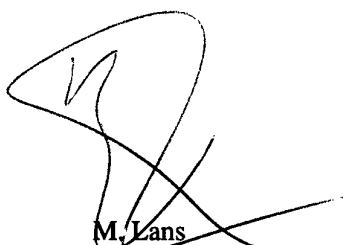
Four types of boots were tested in this programme:

- BFR combat boot;
- Wellco combat boot;
- Wellco overboot + M90 boot;
- M90 boot.


The experiments show that none of the tested boots could protect the foot against a contact explosion of an AP mine no. 22C1. The protection of the leg was not examined in these experiments.

Another report, of the BFR boot manufacturer, shows different results for the BFR boot. However, in their test program a different simulant for the foot was used and also less explosive. In the next series of experiments, a different foot should be used. A dummy which is used in car crash experiments at TNO-WT is a good candidate. Using different and smaller amounts of explosives could give an idea of how much blast the boots can really resist.

6 Authentication



M. Lans
Author/Project leader



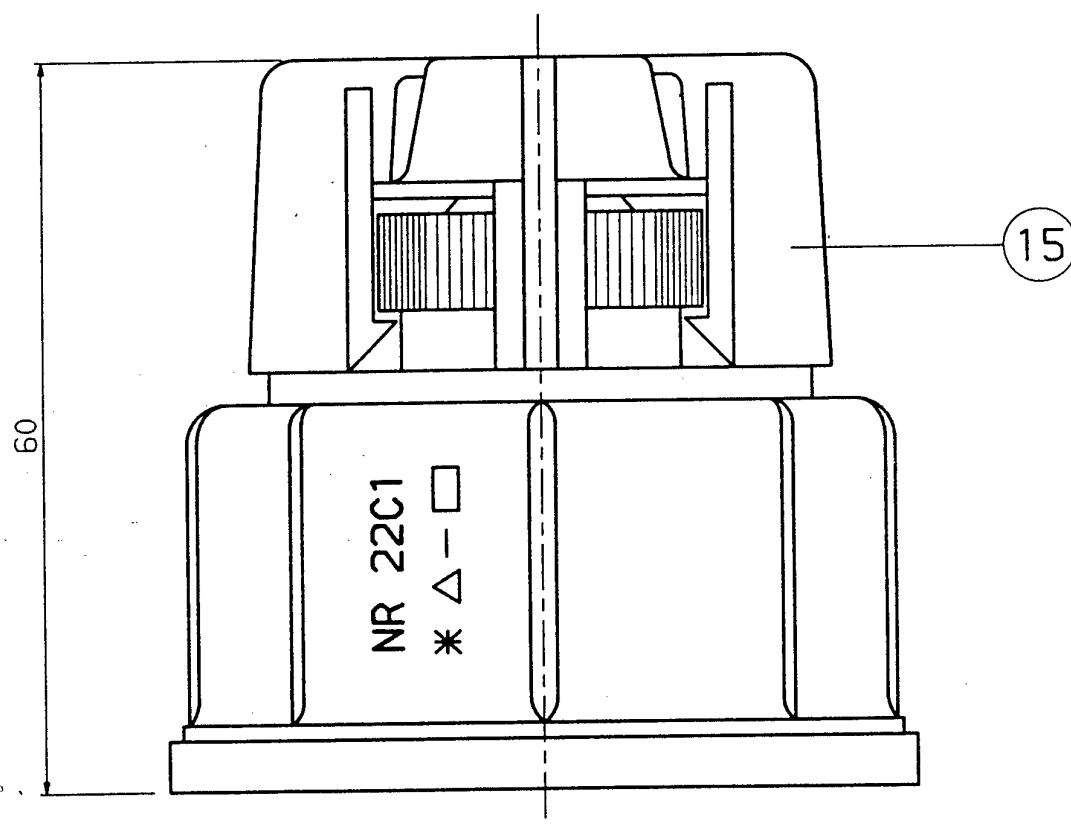
J.L.M.J. van Bree
Research coordinator

Annex A AP mine no. 22C1

VS 9-853
F 10.02
blad 1

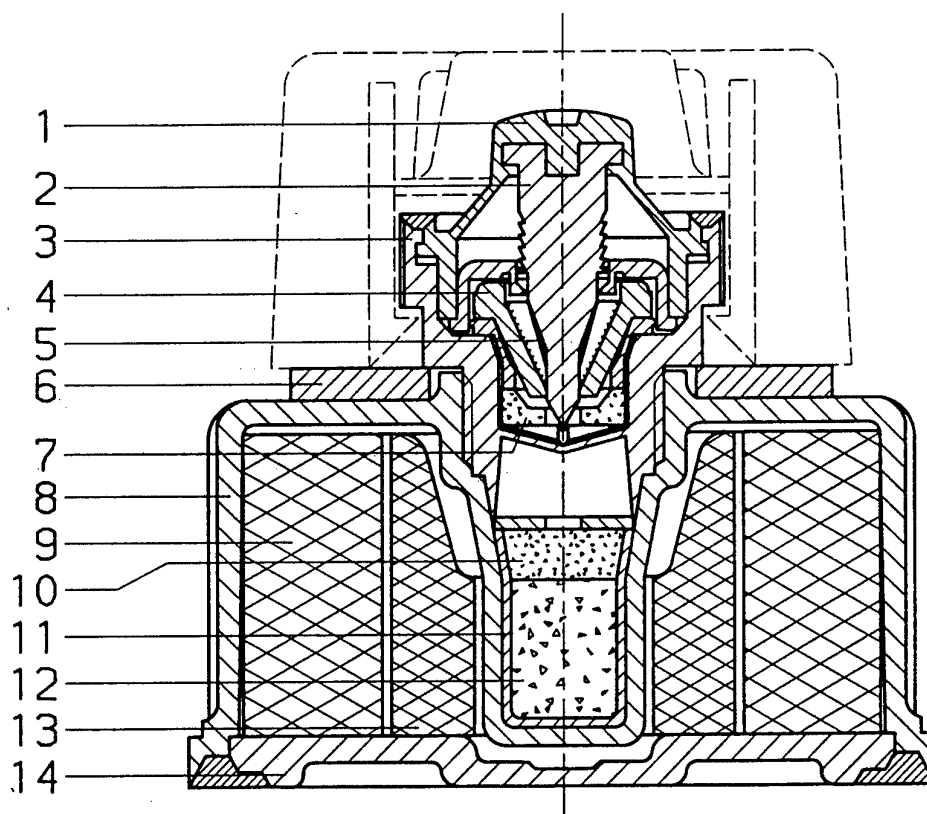
Inktpotmijn antipersoneel nr 22C1 met drukontsteker nr 22C2 en slagpijpje nr 30C1

NOV-code : 5631
NOV : 1345-17-K132
NOV-benaming: MN AP NR 22-SER
Benaming : MINE, ANTIPERSONNEL: NR 22C1, W/FUZE, NR 22C2, AND DETONATOR,
NR 30C1



afb 1 aanzicht

15 veiligheidskap



afb 2 doorsnede

- | | | | |
|---|------------------|----|-------------------|
| 1 | drukcap | 8 | mijnlichaam |
| 2 | drukstift | 9 | springlading |
| 3 | ontstekerlichaam | 10 | primaire lading |
| 4 | wrijvingsvlak | 11 | houder slagpijpje |
| 5 | wrijvingssas | 12 | secundaire lading |
| 6 | detectiering | 13 | overdrachtslading |
| 7 | aanvuurlading | 14 | bodem |

datum 01-12-90

VS 9-853

F 10.02

blad 2

1 Gebruik/doel

De antipersoneel mijn nr 22C1 wordt gebruikt om personeel dat op de mijn stapt buiten gevecht te stellen.

2 Samenstelling/beschrijving

Algemeen

De mijn is opgebouwd uit de volgende componenten:

- mijnlichaam
- detectiering
- drukontsteker nr 22C2
- slagpijpje nr 30C1.

Mijnlichaam

Het mijnlichaam is vervaardigd van kunststof. Het lichaam is zodanig geperst dat centraal een aan de onderzijde afgesloten holte ontstaat. De holte is aan de bovenzijde voorzien van schroefdraad voor de bevestiging van de ontsteker. De holte dient als ligplaats voor het slagpijpje.

Het lichaam wordt nadat de springstof is aangebracht met een deksel aan de onderzijde afgesloten. Als springlading wordt trotyl en als overdrachtslading tetryl gebruikt.

Detectiering

Om de mijn eventueel te kunnen detecteren is tussen de ontsteker en het mijnlichaam een stalen ring aangebracht die verwijderd kan worden. Zonder de ring is de mijn met de huidige detectoren niet op te sporen.

Ontsteker

De ontsteker nr 22C2 bevat geen metalen delen en is vervaardigd van kunststof. De ontsteker is opgebouwd uit:

- een drukkap
- een wrijvingspen met ontsteeksas
- een ontstekerlichaam
- een aanvuurlading
- een wrijvingssas.

De ontsteker is voorzien van een veiligheidskap.

Slagpijpje

Het slagpijpje bestaat uit een kunststoffen hulsje waarin de primaire lading, bestaande uit loodazide/loodstyphnaat, en de secundaire lading (pentriet) is aangebracht.

3 Technische gegevens

Afmetingen

Grootste diameter mijn	62	mm
Hoogte mijn (incl ontsteker)	53	mm
Diameter slagpijpje	10	mm
Lengte slagpijpje	22,5	mm

Massa

- inktpotmijn	130	g
- springlading	57	g
- overdrachtslading	17	g
- inleilading	500	mg
- bodemlading	2000	mg
- aanvuurlading	500	mg

Merkwijze/herkenning

Grondkleur	olijfgroen
Kleur merken	geel, gestempeld

4 Werking

Voordat de mijn ingegraven wordt, dient het slagpijpje te worden aangebracht. De detectiering wordt verwijderd tenzij de bevoegde commandant anders bepaalt. Na het ingraven van de mijn wordt de veiligheidskap verwijderd. Om de veiligheidskap te verwijderen moeten de verende lippen van deze veiligheidskap aan de bovenzijde naar elkaar toe worden gedrukt. De nokken aan de onderzijde van de verende lippen komen daarbij vrij van de kraag van het ontstekerlichaam, zodat de veiligheidskap kan worden weggenomen.

Bij een drukkracht van ca 50 N klap de drukkap naar binnen waardoor de drukstift naar beneden beweegt. Zodra het wrijvingsgevoelige sas langs het wrijvingsvlak strijkt, ontstaat een vlam waardoor achtereenvolgens de aanvuurlading, de inleilading, de bodemlading, de overdrachtslading en de springlading tot detonatie komen. Wanneer bij het indrukken van de drukstift het ontsteeksas niet tot ontbranding zou komen, wordt de drukstift door de naar beneden gerichte rand van de kap op de konus, die in de groeven van de drukstift grijpt, gefixeerd. Hierdoor is er minder kans op detonatie bij het ruimen van de mijn.

5 Uitwerking

De uitwerking beperkt zich tot het door luchtdruk verwonden van personeel.

VS 9-853

F 10.02

blad 3

6 Veiligheidsaspecten

De mijn is in verpakte toestand voorzien van een veiligheidsskap die voorkomt dat de ontsteker ingedrukt kan worden.

Het uit- en indraaien van de ontsteker mag uitsluitend geschieden met behulp van de veiligheidsskap.

Bij het uit- en indraaien van de ontsteker mag de veiligheidsskap nooit worden verwijderd. Door de veiligheidsskap met de vingers linksom of rechtsom te draaien schroeft men de ontsteker respectievelijk uit of in de mijn. Mocht bij het uitdraaien de veiligheidsskap slippen, zodat de ontsteker niet los kan worden gedraaid, dan moet de ontsteker zelf over de veiligheidsskap worden vastgepakt door de vingers iets te laten zakken. Bij het indraaien van de ontsteker draait men de kap net zo lang naar rechts tot ze slipt.

De ontsteker is dan voldoende aangedraaid. De veiligheidsskap mag worden verwijderd:

- op het allerlaatste moment, als de mijn geplaatst is; en
- bij controle van de ontsteker door opgeleid personeel; deze controle wordt pas uitgevoerd nadat de ontsteker van de mijn is verwijderd.

Aan de veiligheidsskap van de mijn is een voorziening aangebracht (verende lippen) waardoor de ontsteker niet uit de veiligheidsskap kan vallen.

De mijn is aan de bovenzijde voorzien van een detectiering die naar behoeven kan worden verwijderd. Omdat de ring het enige metalen deel is aan de mijn, kan de mijn zonder de ring niet met metaaldetectors worden opgespoord.

7 Storingen, weigeraars, blindgangers

Bij weigering de mijn nooit demonteren, maar ter plaatse vernietigen.

8 Specificaties

Geen.

9 Verwijzingen

NC 9-65

VS 2-1350

IWK-MUN-5631

Naam- en Codelijst Munitie en overige Klasse V-goederen.

Handboek voor de soldaat.

MN AP NR 22-SER.

Annex B Displacement of boot in experiment no. 3947

Time (ms)	Displacement (mm)
0.0	0.0
0.5	1.0
1.0	1.4
1.5	1.4
1.9	1.4
2.4	7.0
2.9	7.0
3.4	17.5
3.9	17.8
4.4	30.8
4.9	30.8
5.4	30.8
5.8	45.8
6.3	57.0
6.8	67.9
7.3	78.4
7.8	78.4
8.3	78.7
8.8	89.9
9.2	104.3
9.7	115.1
10.2	128.8
10.7	134.0
11.2	141.4
11.7	143.5
12.2	164.1

REPORT DOCUMENTATION PAGE
(MOD-NL)

1. DEFENCE REPORT NO. (MOD-NL) TD98-0330	2. RECIPIENT'S ACCESSION NO.	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO. PML 1998-A89
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 014.10411	5. CONTRACT NO. A96KL459	6. REPORT DATE July 1999
7. NUMBER OF PAGES 25 (incl. 2 annexes, excl. RDP & distribution list)	8. NUMBER OF REFERENCES -	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE AP-mine protective footwear exposed to a contact explosion with AP no. 22C1 mine		
11. AUTHOR(S) M. Lans		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Prins Maurits Laboratory, P.O. Box 45, 2280 AA Rijswijk, The Netherlands Lange Kleiweg 137, Rijswijk, The Netherlands		
13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) LBBKL-KPU-Bedrijf, P.O.Box 3003, 3800 DA Amersfoort, The Netherlands		
14. SUPPLEMENTARY NOTES The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified.		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE)) Under assignment from the Material Directorate of the RNLA, a research program has been started to examine the protection capacity of protective footwear against anti-personnel mines. Four types of boots were tested. The experiments show that none of the tested boots could protect the foot against a contact explosion of an AP mine no. 22C1. The protection of the leg was not examined in these experiments.		
16. DESCRIPTORS Antipersonnel mines Protection Boots (footwear) Protective clothing Explosions Tests Footwear		
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) Ongerubriceerd	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) Ongerubriceerd	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) Ongerubriceerd
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT Unlimited Distribution		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) Ongerubriceerd

Distributielijst*

- 1 DWOO
- 2 HWO-KL
- 3* HWO-KLu
- 4* HWO-KM
- 5* HWO-CO
- 6/10 LBBKL-KPU-bedrijf, BBV, hoofd Sie Onderzoek & Ontwikkeling
ing. J.M. de Koning
- 11 DM&P TNO-DO
- 12* DM&P TNO-DO, accountcoördinator KL
- 13* TNO-FEL, Bibliotheek
- 14/16 Bibliotheek KMA
- 17* Lid Instituuts Advies Raad PML
BGen. prof. J.M.J. Bosch
- 18* Lid Instituuts Advies Raad PML
Cmdr. b.d. drs. G.M.W. Acda
- 19* Lid Instituuts Advies Raad PML
prof. ir. J.A. Schot
- 20* Lid Instituuts Advies Raad PML
prof. ir. K.F. Wakker
- 21 TNO-PML, Directie; daarna reserve
- 22 TNO-PML, Hoofd Divisie Wapens en Wapenplatformen
dr. D.W. Hoffmans
- 23/25 TNO-PML, Divisie Wapens en Wapenplatformen,
Groep Munitie-uitwerking en Balistische Bescherming,
dr. H.J. Reitsma, ir. J.L.M.J. van Bree en ing. M. Lans
- 26* TNO-PML, Divisie Wapens en Wapenplatformen, Groep Platformtechnologie
dr. ir. M.P.I. Manders
- 27* TNO-PML, Divisie Wapens en Wapenplatformen, Groep Wapeneffectiviteit
ir. Z.C. Verheij
- 28 TNO-PML, Documentatie
- 29 TNO-PML, Archief

* De met een asterisk (*) gemerkte instanties/personen ontvangen uitsluitend de titelpagina, het managementuittreksel, de documentatiepagina en de distributielijst van het rapport.